Lane Medical Library
STANFORD UNIVERSITY
MAR
8
1938
LIBRARY

Über den Zusammenhang zwischen dem Schlagvolumen des Herzens und der Dauer der Q-R-S-Schwankung im Elektrokardiogramm.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen medizinischen Fakultät
der
Ruperto-Carola-Universität zu Heidelberg.

Vorgelegt von

Friedrich Schulz
aus Danzig.

1936.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Heidelberg.

Dekan: Prof. Schneider.
Referent: Prof. Schellong.

1936.

Über den Zusammenhang zwischen dem Schlagvolumen des Herzens und der Dauer der Q-R-S-Schwankung im Elektrokardiogramm.

Das Verhalten des Q-R-S-Komplexes nach Körperarbeit ist von Schwingel [1]) untersucht worden. Es zeigte sich, daß alle Herzgesunden nach Treppensteigen eine Verkürzung der Q-R-S-Dauer um einige Sigma aufwiesen, während bei Herzkranken die Verkürzung ausblieb, ja gewöhnlich sogar eine Verlängerung von Q-R-S eintrat. Diese Beobachtungen gaben die Grundlage einer Funktionsprüfung des Herzens, die von Schwingel praktisch ausgebaut ist, und mit der gute Ergebnisse gewonnen wurden.

Es erhob sich nun die Frage, wie die Änderungen der Q-R-S-Dauer nach Körperarbeit zustande kommen. Zwei Faktoren kommen vor allem in Betracht: die Pulsfrequenz und das Schlagvolumen. Um Klarheit zu schaffen, muß man vom gesunden Kreislauf ausgehen, und es ist somit zu untersuchen, ob die Verkürzung von Q-R-S beim Herzgesunden in Beziehung steht zur Pulsfrequenz und zum Schlagvolumen.

Den Zusammenhang zwischen Q-R-S-Dauer und Pulsfrequenz hat Schwingel bereits dargelegt. Es fand sich bei den Versuchs-Personen, die eine Verkürzung des Q-R-S-Komplexes von 6 σ und mehr aufwiesen, in den meisten Fällen eine größere Pulsbeschleunigung als bei denen mit geringerer Verkürzung. Fast immer ist der Zusammenhang zwischen der Erhöhung der Pulsfrequenz und der Verkürzung von Q-R-S so offensichtlich, daß Schwingel in der Beschleunigung des Herzschlages die hauptsächliche Bedingung für die Verkürzung von Q-R-S sieht. Gelegentlich war aber dieser Zusammenhang nicht vorhanden, es kam zur Verkürzung ohne Pulsbeschleunigung. Das Auftreten einer Verkürzung scheint somit nicht nur an eine Pulsbeschleunigung gebunden zu sein.

Ich hatte nunmehr die Aufgabe, festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen Q-R-S-Verkürzung und Größe des Schlagvolumens besteht.

Die Untersuchungen nehmen ihren Ausgang von der oben erwähnten Funktionsprüfung, die als Teil der sogenannten „Regulationsprüfung“ (Schellong [2]) in folgender Weise durchgeführt wird: gemessen und als Kurve dargestellt werden Breite von Q-R-S des Elektrokardiogramms, Blutdruck und Puls im Liegen, Stehen und nach Treppensteigen. (Siehe die weiter unten folgende schematische Abbildung.)

Nachdem die Versuchsperson (V.P.) etwa 10 Minuten ruhig gelegen hat, werden 2—3 mal in Abständen von einer Minute 8 Systolen registriert. Dann stellt sich die V.P. in entspannter Haltung neben das Ruhebett; sofort und weiter im Abstand von einer Minute werden die Registrierungen fortgesetzt. Nach 4 Minunten legt sich die V.P. wieder hin, die elektrokardiographischen Aufnahmen werden in Abständen von einer Minute weitergeführt, bis Puls und Blutdruck zum Ruhewert zurückgekehrt sind. Dann muß die V.P. in mäßig schnellem Tempo 2 mal 25 Treppenstufen herauf- und herunterlaufen. Die Elektroden bleiben hierbei angelegt ebenso die Blutdruckmanschette. Ruhelage wird sofort wieder eingenommen, und da nur Schlauch und Drahtverbindungen herzustellen sind, kann schon nach 5—10 Sekunden mit der ersten Aufnahme von 8 Systolen begonnen werden. Die nächste Registrierung wird nach Ablauf einer Minute vom Moment des Hinlegens gerechnet, gemacht und dann weiter im Abstand von einer Minute wiederholt bis Puls und Blutdruck zur Norm zurückgekehrt sind. Gleichzeitig mit jeder elektrokardiographischen Aufnahme wird der Blutdruck gemessen; die Pulsfrequenz wird nachträglich aus dem Elektrokardiogramm berechnet.

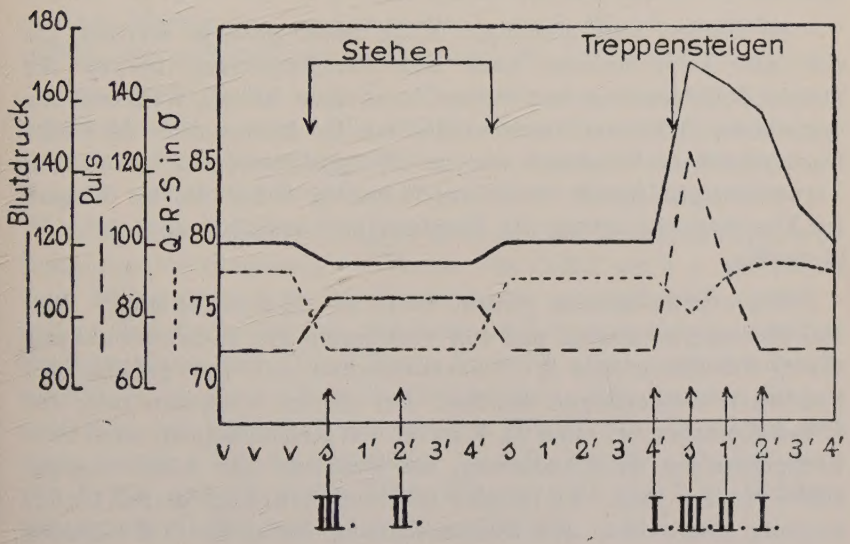
Die elektrokardiographische Untersuchung wurde mit dem transportablen Spannungselektrokardiographen der Firma Siemens durchgeführt. Um eine exakte Messung der Dauer von Q-R-S durchführen zu können, erwies sich die übliche Laufgeschwindigkeit des Films von 30—40 mm/sec. als ungenügend. Am besten eignete sich eine Filmgeschwindigkeit von 100—150 mm/sec., es wurde also eine Kassette verwandt, die diese Filmgeschwindigkeit besaß.

Die sonst übliche Extremitätenableitung konnte nicht verwandt werden, da es den meisten Menschen nicht möglich ist, nach körperlicher Anstrengung die Extremitätenmuskulatur so zu entspannen, daß keine Verzitterungen des Elektrokardiogramms durch Muskelaktionsströme auftreten. Eine geringe Verzitterung macht aber eine exakte Messung der Breite von Q-R-S fast un-

möglich. In der von Schellong[3]) angegebenen Weise wird mit Kupferplattenelektroden vom Thorax abgeleitet.

Die Messung von Q-R-S ging in folgender Weise vor sich: Die Stellen des Abknickens von der isoelektrischen Linie zur Bildung der Initialschwankung, d. h. der Beginn von Q oder R, und ebenso die Rückkehr zur isoelektrischen Linie — das Ende von S — werden mit Bleistiftstrichen markiert. Die Breite von Q-R-S in mm abgelesen und in σ umgerechnet.

Für die Messung von Q-R-S eignete sich Ableitung II am besten, da sich hier die Anfangsschwankung fast immer gut von der isoelektrischen Linie abgrenzen ließ. Da Schwingel zeigen konnte, daß beim einzelnen Q-R-S-Komplex Schwankungen in der Breite bis zu 6 σ auftreten, wurden nur Durchschnitte aus einer Anzahl von Systolen verwertet. Im allgemeinen können wir in der Ruhe mit Schwankungen der Durchschnittswerte untereinander bis zu 2 σ rechnen.



I.

Nach dem Treppensteigen finden wir immer Blutdruck und Pulsfrequenz erheblich gesteigert. Bei manchen Personen sinkt die Pulsfrequenz schon in 1—2 Minuten nach der Arbeit auf den Ruhewert ab, während der systolische Blutdruck noch beträchtlich erhöht ist. Lauber [4]) konnte zeigen, daß es in diesen Fällen nachträglich zu einem Anstieg des Schlagvolumens kommt. Und wir werden annehmen dürfen, daß der hohe systolische Blutdruck — bei niederer Pulsfrequenz — ein Ausdruck des vergrößerten Schlagvolumens ist. Für die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Q-R-S-Komplex und Schlagvolumen eignet sich dieser Augenblick zum Vergleich mit den Verhältnissen in der Ruhe. Die beiden Augenblicke sind in der Abbildung mit I bezeichnet.

Man erkennt, daß gleiche Pulsfrequenz im Liegen und nach Treppensteigen besteht, daß das Schlagvolumen, wie der Blutdruck zeigt, nach dem Treppensteigen aber noch erhöht ist. Verhält sich die Dauer von Q-R-S in diesem „Vergleichsmoment" anders als beim Liegen, so kann man schließen, daß die Änderung mit dem Schlagvolumen in Zusammenhang steht, da ja der Einfluß der Frequenz ausgeschaltet ist.

Es mußten also diejenigen Fälle herausgesucht werden, die eine oder zwei Minuten nach dem Treppensteigen bereits die gleiche Pulsfrequenz wie vorher im Liegen hatten, während der systolische Blutdruck noch erhöht ist. Es fanden sich 36 Fälle. Der systolische Blutdruck war im „Vergleichsmoment" nach dem Treppensteigen immer mehr als 15 mmHg höher als im Liegen. Im Durchschnitt betrug die Blutdruckerhöhung bei allen 36 V.P. 34 mmHg.

Wie verhält sich in diesem Falle der Q-R-S-Komplex? Bei den Messungen mußte, um von vornherein die Ruheschwankung des Q-R-S-Komplexes (2 σ) auszuschalten, von dem größten der Ruhewerte ausgegangen werden. Bei diesem Vorgehen zeigt der Q-R-S-Komplex bei allen 36 V.P. im Vergleichsmoment nach dem Treppensteigen eine Änderung, die innerhalb der Schwankungsbreite von 2 σ liegt. Es ist also nicht möglich, nach dieser Untersuchung etwas über den Zusammenhang zwischen Q-R-S-Dauer und Schlagvolumen auszusagen. Möglicherweise ist der Unterschied im Schlagvolumen zwischen Körperruhe und dem bezeichneten Vergleichsmoment zu gering, um einen meßbaren Einfluß auf Q-R-S auszuüben.

II.

Es besteht nun die Möglichkeit, zwischen zwei Augenblicken zu vergleichen, in denen die Unterschiede im Schlagvolumen viel größer sind. In aufrechter Körperstellung ist das Minutenvolumen meist gleich dem bei Rückenlage. Wenn der Blutdruck im Stehen erniedrigt ist, ist das Minutenvolumen sogar vermindert, wie Schellong und Heinemeier [5]) nachgewiesen haben. Da die Pulsfrequenz im Stehen aber größer ist, ist das Schlagvolumen bedeutend niedriger als im Liegen, und zwar umsomehr, je höher die Pulszahl.

Wenn man nun einen bestimmten Augenblick während des Stehens vergleicht mit einem Augenblick nach dem Treppensteigen, in dem die Pulsfrequenz gleich der im Stehen ist, so darf man einen großen Unterschied im Schlagvolumen annehmen, der umso größer sein wird, je höher der Blutdruck im „Vergleichsmoment" nach dem Treppensteigen ist. Die beiden Augenblicke sind in der Abbildung mit II bezeichnet.

Die Breite von Q-R-S zeigt im Stehen, wie wir es vorher schon in der Ruhe beobachtet haben, gewisse Schwankungen. Und zwar beträgt sie hier auch 2 σ. Wir gehen bei unserer Untersuchung von den Werten aus, die wir in der 2. und 3. Minute im Stehen antreffen, der größere von beiden wird als Ausgangswert benutzt.

Bei 39 V.P., die sich zur Durchführung dieses Vergleiches eigneten, ist der systolische Blutdruck nach dem Treppensteigen um wenigstens 20 mmHg höher als im Stehen. Im Durchschnitt war der systolische Blutdruck bei allen um 45 mmHg erhöht.

Von diesen 39 V.P. zeigten 28 nach dem Treppensteigen eine eindeutige Verlängerung der Dauer von Q-R-S um 2 σ und mehr. Zum Teil betrugen die Verlängerungen von Q-R-S 6,8 und 10 σ und es ließ sich erkennen, daß hier ein Zusammenhang zwischen Schlagvolumen und Q-R-S-Dauer bestand, denn es traten durchschnittlich da die größten Verlängerungen auf, wo der Unterschied in der Höhe des systolischen Blutdruckes 50 mmHg und mehr betrug. Bei den restlichen 11 V.P. lag die Veränderung von Q-R-S innerhalb der Schwankungsbreite von 2 σ. Verkürzungen von Q-R-S wurden nicht beobachtet.

Dies Ergebnis zeigt uns, daß ein Zusammenhang zwischen Schlagvolumen und Q-R-S-Dauer besteht. Und zwar geht eine Vergrößerung des Schlagvolumens einher mit einer Verlängerung der Q-R-S-Dauer. Gleichzeitig scheint es, daß die Änderung

des Schlagvolumens eine gewisse Größe haben muß, um auf den Q-R-S-Komplex eine Wirkung auszuüben. Dadurch erklärt sich auch der zweifelhafte Ausfall der ersten Untersuchung. Die Änderung des Schlagvolumens war nicht groß genug, um wirksam zu werden.

III.

Es hat sich also ergeben, daß eine Steigerung der Pulsfrequenz mit einer Verkürzung von Q-R-S einhergeht (Schwingel), daß eine Erhöhung des Schlagvolumens von einer Q-R-S-Verlängerung begleitet ist. Die Richtigkeit dieser Beobachtungen muß sich durch eine Art Gegenprobe beweisen lassen.

Vergleicht man die Q-R-S-Dauer in aufrechter Körperstellung mit der im Liegen, so erweist sie sich im Stehen fast immer mehr oder weniger verkürzt. Da das Schlagvolumen, wie schon gesagt, im Stehen entsprechend der Zunahme der Pulsfrequenz mehr oder weniger beträchtlich verringert ist, muß sich der Einfluß der Pulssteigerung auf die Q-R-S-Dauer auch quantitativ bemerkbar machen. Das ist der Fall.

Ich habe die Ergebnisse von 60 Versuchspersonen in drei Gruppen geteilt. Es zeigen Gruppe I eine Zunahme der Pulsfrequenz im Stehen um 10, Gruppe II bis zu 20 und Gruppe III über 20 Schläge in der Minute. Die Verkürzung von Q-R-S beträgt:

bei 15 V.P. der Gruppe I $3{,}3\,\sigma$,
bei 31 V.P. der Gruppe II $4{,}4\,\sigma$,
bei 24 V.P. der Gruppe III $7{,}5\,\sigma$,

Schließlich kann man die Werte während des Stehens mit denjenigen vergleichen, die sofort nach dem Treppensteigen gewonnen sind. Die Vergleichsmomente sind in der Abbildung mit III bezeichnet.

Die Pulsfrequenz unmittelbar nach dieser Arbeit ist erheblich mehr gesteigert als während des Stehens. Würde die Q-R-S-Verkürzung allein von der Pulszahl abhängig sein, so müßte sie sogleich nach dem Treppensteigen erheblich größer als in aufrechter Stellung. Das ist aber nicht der Fall. Vielmehr zeigten 22 von 43 V.P. gerade während des Stehens die stärkere Verkürzung, trotzdem die Pulsfrequenz geringer war. Bei 4 weiteren Fällen ist der Grad der Verkürzung gleich.

Hieraus muß man schließen, daß ein Einfluß vorhanden ist, der der durch die Pulsfrequenz bedingten Verkürzung entgegenwirkt, und das ist eben die Vergrößerung des Schlagvolumens nach dem Treppensteigen. Auch die restlichen 17 sprechen nicht dagegen. Bei diesen ist die Verkürzung nach dem Treppensteigen zwar stärker als im Stehen, es zeigt sich aber, daß im Stehen die Zunahme der Pulsfrequenz und damit eben die Q-R-S-Verkürzung nur gering ist, während die Pulsfrequenz nach dem Treppensteigen ganz erheblich gesteigert ist, und somit naturgemäß ein verlängernder Einfluß der Schlagvolumenvergrößerung fortfallen muß.

Zusammenfassung: Die Dauer der Q-R-S-Schwankung des Elektrokardiogramms ist bei gesunden Menschen nach Körperarbeit verkürzt. Diese Beobachtung bildet die Grundlage einer Herzfunktionsprüfung (Schwingel).

Um der Q-R-S-Verkürzung eine Erklärung zu geben, wird der Zusammenhang der Verkürzung mit der Steigerung der Pulszahl und der Größe des Schlagvolumens untersucht. Es zeigt sich, daß Erhöhung der Pulsfrequenz auf Q-R-S verkürzend wirkt, daß aber eine Vergrößerung des Schlagvolumens die Q-R-S-Dauer verlängert. Während aufrechter Körperstellung macht sich vor allem die Erhöhung der Pulszahl bemerkbar, da das Schlagvolumen dabei vermindert ist. Nach Körperarbeit treten die Erhöhung der Pulsfrequenz mit der Vergrößerung des Schlagvolumens in ihrer Wirkung auf die Q-R-S-Dauer in Wettbewerb.

Es ist mir eine angenehme Pflicht Herrn Prof. Dr. Schellong für die Stellung des Themas und die Förderung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Schwingel, Die Bewertung der Anfangsschwankung des Elektrokardiogramms in der Herzfunktionsprüfung. Zeitschr. exp. Med. 1936, im Druck.

2. Schellong, Funktionsprüfung des Kreislaufs als Untersuchungsmethode. Klin. Wochenschr. 1936, 361.

3. Schellong, Untersuchungen über die Ableitung der Aktionsströme des Herzens vom Thorax. Zeitschr. exp. Med. 27, 115, 1922.

4. Lauber, Herzleistungsprüfung am Menschen mit Hilfe von Herzarbeitskurven. Verhandl. dtsch. Ges. inn. Med. 42, 253, 1930.

5. Schellong u. Heinemeier, Von der Kreislaufregulation in aufrechter Stellung und ihre Störungen. Zeitschr. exp. Med. 89, 48 u. 61, 1933.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Schulz, wurde am 15. März 1911 als ältester Sohn des Ohrenarztes Dr. Adolf Schulz und seiner Ehefrau Paula geb. Schröter in Danzig geboren. Von 1917—20 besuchte ich eine Privatschule und von 1920—1930 das Realgymnasium zu St. Johann, an dem ich am 10. 3. 1930 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommer-Semester 1930 widmete ich mich dem Studium der Chemie an der Technischen Hochschule in Danzig. Meine vorklinischen Semester verbrachte ich an der Universität Freiburg und bestand im Februar 1933 das Physikum. Während meiner klinischen Semester studierte ich je ein Halbjahr in Kiel, Freiburg und München und seit dem Winter-Semester 1934/35 in Heidelberg, wo ich am 24. Oktober 1935 mein medizinisches Staatsexamen bestand. Seit November 1935 bin ich Medizinal-Praktikant am Krankenhaus Speyerershof in Heidelberg.

Druck: Ottomar Steinbach. Danzig